

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování - 340

**Zařízení pro výsyp kusového materiálu z
přepravního boxu**

**Device for Cargo Unloading from Transportation
Container**

Student:

Štěpán Ondra

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Hapla

Datum odevzdání:

16. 5. 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Štěpán Ondra**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení
Téma: **Zařízení pro výsyp kusového materiálu z přepravního boxu**
Device for Cargo Unloading from Transportation Container
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Vypracujte konstrukční návrh zařízení pro výsyp kusové zeleniny z přepravního boxu. Zařízení musí umožňovat výsyp jak na dopravní pás, tak přímo do náplavové vany. Zařízení navrhnete jako mobilní z důvodu rychlé úpravy výrobní linky. Zařízení musí umožnit sklápění plechových ohradových palet a plastových palet tzv. „BIG BOX“. Vkládání palet do zařízení je pomocí vysokozdvížného vozíku.

Výchozí parametry:

- Plechová ohradová paleta
Rozměry: 1 200 x 800 x 1 000 mm
Hmotnost: 130 kg
Nosnost: 660 kg
- Plastová paleta „BIG BOX“
Rozměry: 1 200 x 1 000 x 850 mm
Hmotnost: 40 kg
Nosnost: 750 kg
- Výkonnost 5 500 kg/h
- Maximální úhel vyklopení plošiny 130 °

Seznam doporučené odborné literatury:

- ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- POLÁK, J., PAVLISKA, J., SLÍVA, A. *Dopravní a manipulační zařízení I.* Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2001, 104 s. ISBN 80-248-0043-8
- POLÁK, J., BAILOTTI, K., PAVLISKA, J., HRABOVSKÝ, L. *Dopravní a manipulační zařízení II.* Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2005, 108 s. ISBN 80-248-0493-X
- KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře – části spojovací.* Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8
- KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře – části pohonů strojů.* Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava, 2008, 128 s. ISBN 978-80-248-1860-3

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Hapla**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16. 5. 2016

.....


podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby

V Ostravě : 16.5. 2016

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Štěpán Ondra

Adresa trvalého pobytu autora práce: Pod Ježníkem 4, Krnov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ONDRA, Š. *Zařízení pro výsyp kusového materiálu z přepravního boxu*: Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2016, 45 s. Vedoucí práce: Ing. Hapla, T.

Cílem této bakalářské práce je konstrukční návrh zařízení, které bude schopno vyklápat plechové a plastové ohradové palety naplněné kusovou zeleninou. Výklopník zajišťuje výsyp do náplavové vany nebo na dopravní pás.

Práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické jsou uvedené obecné poznatky o výklopnících a těch, které jsou dostupné na trhu. V druhé části se zabývám celkovým konstrukčním návrhem výklopníku. K práci je přiložena výkresová dokumentace.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ONDRA, Š. *Device for Cargo Unloading from Transportation Container*: Bachelor thesis. Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2016, 45 s. Leader: Ing. Hapla, T.

The aim of this work is the structural design of a device that will be able to unload metal and plastic box pallets filled piece vegetables. Tippler provides unloading into the bath or on a conveyor belt.

The work consists of theoretical and practical parts. Theoretical provides some general knowledge of tipplers and those, which are available on the market. The second part deals with the overall structural design tippler. To this thesis is enclosed a design documentation.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH SYMOBLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD	10
1 Teoretický rozbor	11
1.1 Výklopník.....	11
1.2 Typy vyklápěcích zařízení na trhu	11
1.2.1 Výklopník palet VP600.....	11
1.2.2 Výklopník palet VP1100.....	12
1.2.3 Výklopník ohradových palet a beden	13
1.2.4 Výklopníky palet VP 2000 a VP2010	14
1.2.5 Výklopník palet VP1600.....	15
2 Praktická část	16
2.1 Návrh zařízení pro výsyp kusového materiálu	16
2.2 Varianty řešení částí výklopníku	19
2.3 Návrh konstrukce celého výklopníku.....	20
2.3.1 Návrh nosného rámu	21
2.3.2 Sklopná plošina.....	29
2.3.3 Volba pohonu a hydraulického válce	32
2.3.4 Volba čepů.....	34
2.3.5 Kontrola svaru	40
2.3.6 Výpočet výkonnosti zařízení	42
3 Závěr	43
4 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	44
5 SEZNAM PŘÍLOH	45

SEZNAM POUŽITÝCH SYMOBLŮ A ZKRATEK

G	tíhová síla	[N]
G_x	tíhová síla v ose x	[N]
G_y	tíhová síla v ose y	[N]
R	poloměr zaoblení	[m]
G	tíhová síla	[N]
G_x	tíhová síla v ose x	[N]
G_y	tíhová síla v ose y	[N]
F	síla v ose hydrauliky	[N]
$F_{x\max}$	maximální axiální síla	[N]
H	výška svarové skupiny	[mm]
B	šířka svarové skupiny	[mm]
F_X	axiální síla	[N]
M_O	maximální ohybový moment	[N*m]
W_{OA}	modul odporu průřezu v ohybu	[mm ³]
Re	mez kluzu	[MPa]
g	tíhové zrychlení	[m*s ⁻²]
m	hmotnost sklopné plošiny s paletou	[kg]
a	strana čtvercového profilu	[mm]
d	průměr	[m]
d_3	minimální průměr	[m]
k_s	statická bezpečnost	[-]
p	měrný tlak	[Pa]
s_{\min}	nejmenší délka čepu ve spojovacích dílech	[m]

a_{\min}	minimální výška svaru	[mm]
t_1	celková doba trvání výsypu palety	[min.]
t_2	doba naložení a vyložení palety	[min.]
m_1	maximální hmotnost materiálu v plechové paletě	[kg]
m_2	maximální hmotnost materiálu v plastové paletě	[kg]
Q	výkonnost výklopníku	[kg/h]
τ	maximální smykové napětí ve svaru	[MPa]
σ_s	srovnávací napětí	[MPa]
σ_A	dovolené napětí	[MPa]
σ	napětí	[Pa]
σ_{DOV}	dovolené napětí	[MPa]
α	úhel	[°]
s.r.o.	s ručením omezeným	

ÚVOD

Zařízení pro výsyp materiálů je speciální manipulační technika, která se používá v mnoha oborech (např. zemědělský, potravinářský, těžební a strojírenský). Výklopníky mohou být stabilní s pevným ukotvením nebo pohyblivé. Hmotnost materiálu, který se vyklápí je od desítek kilogramů až do několika tun. Jako pohon stroje se ve většině případech používá elektrohydraulický motor nebo elektrický. Pro naklopení se pak využívá hydraulických trubíc nebo řetězů a ozubených kol pro přenos otáčení (např. železniční výklopníky nákladních vozů).

Cílem mé bakalářské práce je navrhnout výklopník, který bude schopen vyklopit naplněnou paletu o maximální hmotnosti 790 kg. Budou použity plechové ohradové palety a plastové box palety. Kusová zelenina v paletách bude umísťována do výklopníku pomocí vysoko zdvižného vozíku. Největší úhel vyklopení plošiny je 130° . Celé zařízení bude mobilní pro rychlou úpravu výrobní linky, aby bylo umožněno vyklápění na dopravní pás nebo náplavové vany. Před zhotovením konstrukce si specifikuji požadavky na zařízení a utřídím si varianty řešení pro lepší celkový návrh. U navržené konstrukce je zapotřebí zkontrolovat důležité uzly pomocí MKP analýzy.

1 Teoretický rozbor

1.1 Výklopník

Výklopník je zařízení, které především slouží k vysypávání materiálu. Materiál může být sypký, tekutý nebo pevný kusový. Zásobník na materiál může být umístěn přímo na vyklápěcím zařízení nebo se dodává přímo s materiálem a posléze se upevňuje do výklopníku.

Druhy zásobníků

- kontejnery
- bedny
- palety
- přepravky
- železniční a důlní vozy
- speciální nádoby

1.2 Typy vyklápěcích zařízení na trhu

1.2.1 Výklopník palet VP600

Toto zařízení od firmy ZETA umožňuje vyklápění palet o velikosti 1200x800x1000 mm. Stroj je mobilní, ale dá se i na pevně přichytit k podkladu. Využívá se zde elektrohydraulického pohonu a ovládání pomocí dvojtláčitka. Dvě hydraulické válce pro otáčení jsou zde umístěny po stranách sklopné plošiny. Jeden konec je přichycený k spodnímu rámu konstrukce a druhý konec k rámu sklopné plošiny.

Naložení palety se provádí pomocí ručního paletového vozíku. Výhodou je zde možnost dávkování pomocí dávkovací kliky. Výška výsypné hrany je s násypkou 950 mm a bez 1150 mm.

Tento druh výklopníku firma vyrábí i ve větší variantě pro vysypávání do větší výšky. Jedná se o typ VP100. [1]



Obrázek 1: Výklopník palet VP600 [1]

Tabulka 1: Technické parametry výklopníku VP600 [1]

Rozměry výklopníku VP600 - délka x šířka x výška (ve vyklopené poloze) [mm]
1500 x 1800 x 2900
Maximální hmotnost vyklápěné palety [kg]
1000
Rozměry palet [mm]
1200 x 1800 x 1000

1.2.2 Výklopník palet VP1100

Zařízení také pochází od firmy ZETA. Umožňuje vyklopení palet o rozměrech 1700x1400x1200mm a maximální hmotnosti do 1000 kg. Pohon je elektrohydraulický a navážení palet je pomocí ručního paletového vozíku. Otáčivý pohyb je umožněn pomocí dvou hydraulických válců umístěných po stranách sklopné plošiny, jako u předchozího modelu VP600. Celý stroj je mobilní a většinou se používá jako součást posklizňové linky v zemědělském průmyslu. Výška stroje ve vyklopené poloze je 3110 mm. [1]



Obrázek 2: Výklopník palet VP1100 [1]

Tabulka 2: Technické parametry výklopníku VP1100 [1]

Rozměry výklopníku - délka x šířka x výška (ve vyklopené poloze) [mm]
1930 x 2250 x 3110
Maximální hmotnost vyklápěné palety [kg]
1000
Rozměry palet [mm]
1700 x 1400 x 1200

1.2.3 Výklopník ohradových palet a beden

Zařízení od firmy NAVZAS s.r.o., která se zaměřuje na projekci, prodej, montáž a servis strojů pro posklizňové zpracování. Vyklopení beden je zajištěno elektropohonem. Palety se umísťují na sklopnou plošinu pomocí vysokozdvizného vozíku. Výhodou tohoto výklopníku je nenáročnost na údržbu a jednoduché ovládání. Prostor výsypné hlavy je možné vybavit odsáváním prachu pro lepší čistotu na pracovišti. Firma umožňuje nastavit výšku vkládání beden a sklon a směr násypky na míru. [4]



Obrázek 3: Výklopník ohradových palet a beden [4]

1.2.4 Výklopníky palet VP 2000 a VP2010

Tyto stroje od firmy ROBOTERM s.r.o. slouží k vysypávání přířezů z palety do mezizásobníku nebo vibračního zásobníku. Palety se umísťují na sklopnou plošinu pomocí vysokozdvížného vozíku nebo jeřábu. Na plošině se upevňují bedny několika způsoby. Buď řetězy, nebo pákovým mechanismem s pružinou a naposled gravitační západkou. Pohon je u obou modelu elektrohydraulický. Otáčení plošiny je umožněno pomocí jedné hydraulické válce umístěné uprostřed nosného rámu pod plošinou. [2]



Obrázek 4: Výklopník palet VP2000 a VP2010 [2]

Tabulka 3 Technické parametry výklopníku VP200 a VP2010 [2]

Výklopník VP2000	Výklopník VP2010
Rozměry výklopníku - délka x šířka x výška [mm]	Rozměry výklopníku - délka x šířka x výška [mm]
1900 x 1100 x 2500	2250 x 1480 x 2800
Maximální hmotnost vyklápané palety [kg]	Maximální hmotnost vyklápané palety [kg]
2000	2000
Rozměry palet [mm]	Rozměry palet [mm]
800 x 1200	900 x 1000

1.2.5 Výklopník palet VP1600

Produkt od společnosti ROBOTERM s.r.o. zaměřené především k vysypávání kovových dříků z přepravní palety. Lze ale využít zařízení i pro výsyp jiného materiálu, kde hmotnost jednoho kusu nesmí překročit 150 g. Pohon pro otáčení sklopné plošiny je elektrohydraulický. Celá plošina je konstrukčně tvarovaná tak, aby nedošlo k uvolnění palety, které se na výklopník usazují pomocí vysokozdvížného vozíku nebo paletového vozíku. Jsou zde umístěny dva hydraulické válce, které jsou ukotveny před sklopnou plošinou k rámu. Nahoře jsou přidělaný k plošině, do které tlačí a otáčí s ní. [2]



Obrázek 5: Výklopník palet VP1600 [2]

Tabulka 4: Technické parametry výklopníku VP1600 [2]

Rozměry výklopníku - délka x šířka x výška (ve vyklopené poloze) [mm]
1750 x 1360 x 1960
Maximální hmotnost vyklápané palety [kg]
1600
Rozměry palet [mm]
950 x 850 x 620

2 Praktická část

2.1 Návrh zařízení pro výsyp kusového materiálu

Parametry výklopného zařízení

- Materiál v přepravních boxech - kusová zelenina
- Místo výsypu materiálu - přepravní pás nebo náplavová vana
- Uložení palety do výklopníku - pomocí vysoko zdvižného vozíku
- Maximální úhel výklopné plošiny - 130°
- Výkonnost zařízení - 5500 kg/h

Specifikace požadavků na zařízení

Před návrhem celkové konstrukce je třeba specifikovat některé požadavky a doplnit zadání. Je třeba určit jejich důležitost a uspořádat je do seznamu. Proto se utvoří požadavkový list, který bude pomáhat při návrhu

Tabulka 5: Požadavkový list

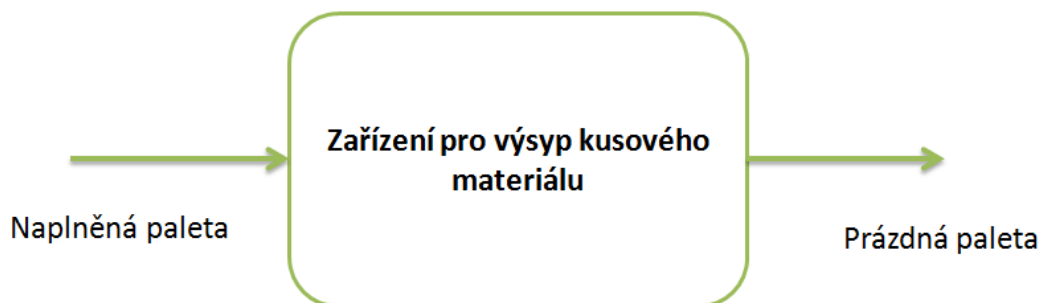
SPECIFIKACE POŽADAVKŮ	PODMÍNKA	PŘÁNÍ
Funkce, účinky a funkční parametry:		
<u>Vyklápěcí proces:</u>		
Poloha přepravního boxu: paleta musí být na šířku, aby se dala uchopit vysoko zdvižným vozíkem	X	
Bezpečné držení palety v každé poloze	X	
Dostatečné naklopení plošiny (130°)	X	
<u>Přepravní box:</u>		
Plechová ohradová paleta (1200x800x1000) Maximální hmotnost 660 kg	X	
Plastová paleta „BIG BOX“ (1200x1000x850) Maximální hmotnost 750 kg	X	
Materiál umístěný v boxech: kusová zelenina		X

<u>Provoz:</u>		
Prostředí: čisté		
Četnost použití: časté		
Údržba: minimální žádná	X	X
Stabilní podlaha	X	
Životnost: minimálně 15 let		X
Jednoduchá obsluha		X
<u>Ergonomie:</u>		
Vysoká stabilita (bezpečnost proti převržení)	X	
Bezpečné uložení palety v plošině	X	
Bezpečnost proti poranění	X	
<u>Vzhled:</u>		
Uspokojivé tvary		X
Povrch: necitlivý k poškození vhodný k čištění		X X
<u>Distribuce a manipulace:</u>		
Možnost mobility celého stroje	X	
<u>Ekonomie:</u>		
Minimální náklady na provoz		X

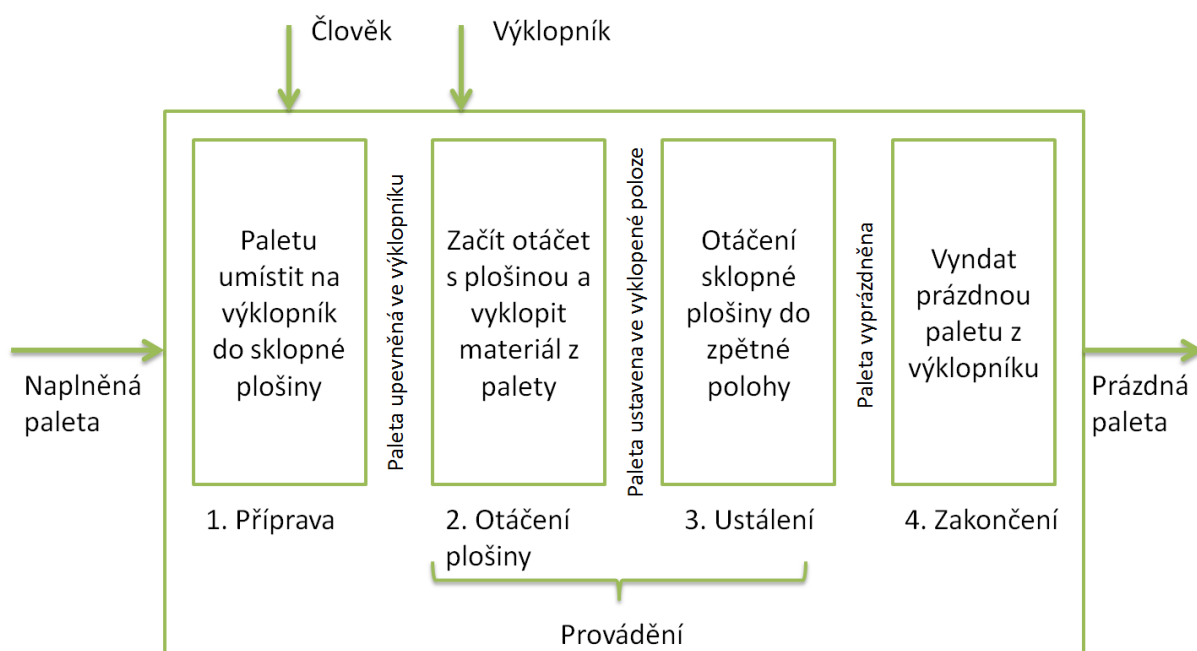
Funkční struktura

Seznam funkcí:

- Zajištění umístění naplněné palety do stroje
- Zajištění otáčení sklopné plošiny
- Zajištění výsypu materiálu z palety
- Zajištění odebrání prázdné palety



Obrázek 6: Černá skříňka



Obrázek 7: Schéma technického procesu

2.2 Varianty řešení částí výklopníku

Pro nejlepší výběr jednotlivých konstrukčních variant a funkcí částí stroje je potřeba si vytvořit morfologickou matici. Matice nám pomůže rozčlenit návrh do několika parametrů. Vlastnosti těchto parametrů využijeme k celkovému řešení. Z morfologické matice následně vyberu soubor nejlepších prvků a funkcí, které mi pomůžou uspořádat další konstrukční proces.

Tabulka 6: Morfologická matice

Dílčí funkce		Funkční principy / Orgány nositelé funkcí			
		1	2	3	4
1	Umístění palety UMOŽNIT	Paletový vozík	Vysokozdvíhový vozík	Ručně	
2	Držení palety na plošině JISTIT	Řetězy	Pákovým mechanismem	Gravitační západkou	Konstrukčním řešením plošiny
3	Pohon výklopníku UMOŽNIT	Elektrický motor	Elektrohydraulický motor	Spalovací motor	
4	Otáčení výklopné plošiny UMOŽNIT	Hydraulické trubice	Pomocí řetězu a řetězky	Pomocí převodu přes ozubená kola	
4	Polohu vyklopené plošiny JISTIT	Konstrukčním řešením	Řetězy	Hydraulickou trubicí	
5	Mobilitu zařízení UMOŽNIT	Kolečka	Pomocí vysokozdvíhového vozíku	Jeřábem	

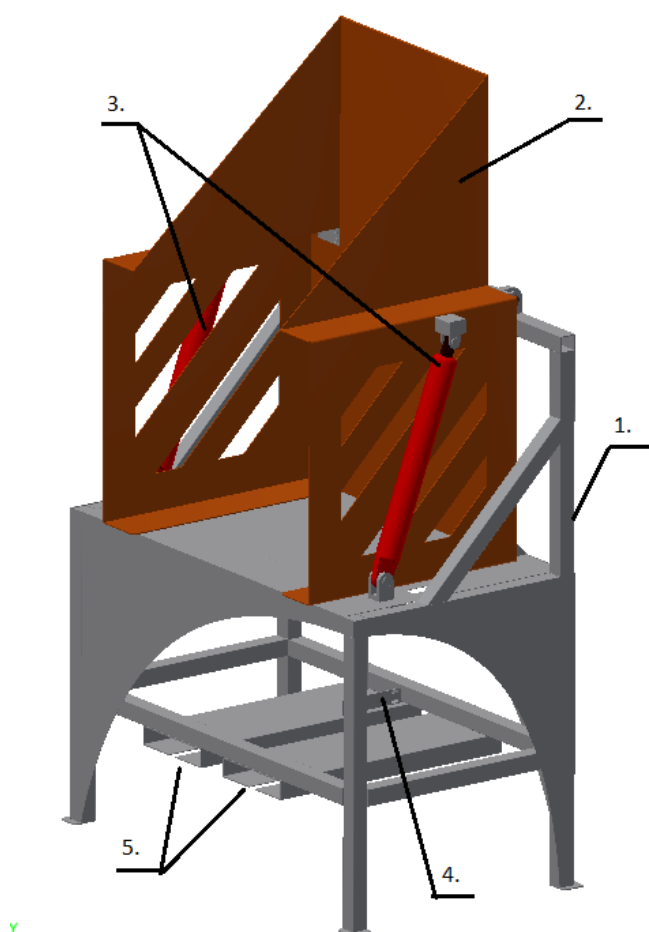
V morfologické matici byly vybrány nejlepší funkční principy a konstrukční prvky, se kterými se dále bude počítat v dalším návrhu stroje. Vybrané principy jsou zobrazeny červenou čarou.

2.3 Návrh konstrukce celého výklopníku

Konstrukce výklopníku se skládá z:

- nosného rámu,
- sklopné plošiny,
- pohonu,
- hydraulických válců.

Před popisem jednotlivých částí konstrukce přikládám na úvod obrázek s konečným návrhem celého výklopníku pro lepší orientaci a představu.



Obrázek 8: 1. nosný rám, 2. sklopná plošina, 3. hydraulické válce, 4. držák na motor, 5. držáky na vidlice vysokozdvížného vozíku

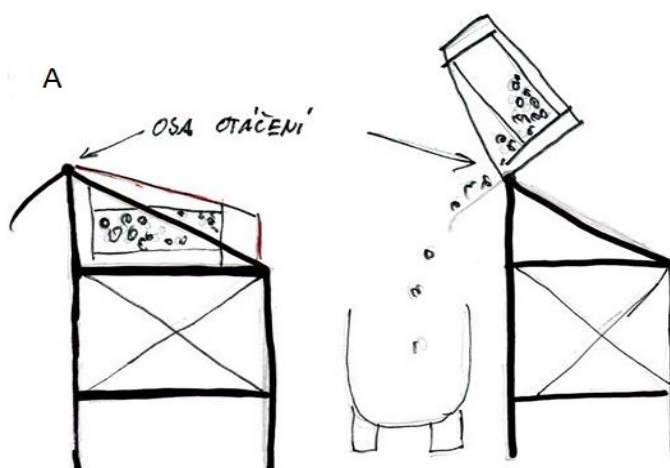
2.3.1 Návrh nosného rámu

Do návrhu rámu jsem také musel uvažovat, jak zde bude usazená sklopná plošina a kde bude mít svoji osu otáčení. Proto jsem si před celkovou konstrukcí rámu nakreslil několik variant uložení plošiny.

2.3.1.1 Druhy variant umístění sklopné plošiny na rámu

Popis varianty A

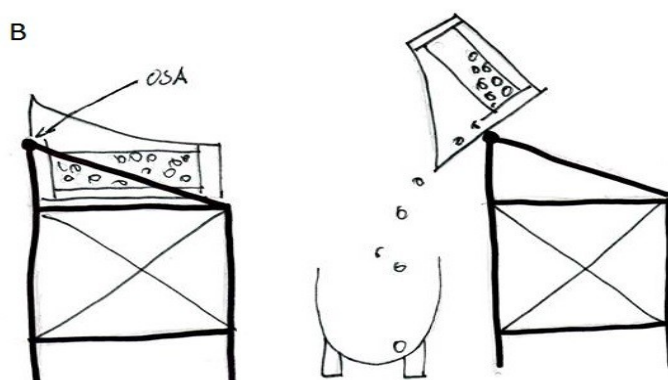
V této variantě je osa otáčení umístěna do nejvyššího bodu sklopné plošiny. Výsypka je pevně přichycená k rámu a umožňuje dokonalejší výsypka do náplavové vany.



Obrázek 9: Sklopná plošina na rámu varianta A

Popis varianty B

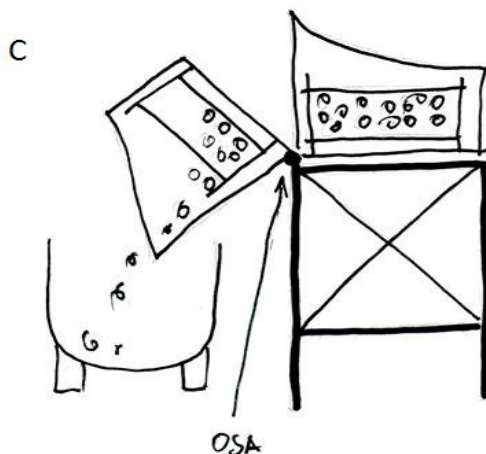
U možnosti B je osa otáčení umístěna zhruba v polovině výklopné plošiny. Výsypka je zde umístěna přímo na plošinu, se kterou se bude otáčet.



Obrázek 10: Sklopná plošina na rámu varianta B

Popis varianty C

Osa otáčení je u této varianty umístěna na spodní část sklopné plošiny. Na plošině je také upevněná násypka.



Obrázek 11: Sklopná plošina na rámu varianta C

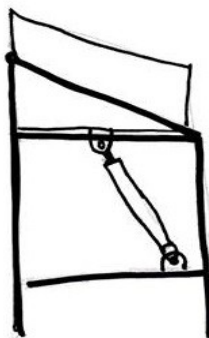
Z těchto tří variant jsem vybral možnost B, jelikož u této varianty bude docházet k nejmenšímu namáhání jak hydrauliky, tak rámu.

2.3.1.2 Druhy variant umístění hydraulického válce

Další důležitou věcí pro tvar a velikost rámu je umístění hydraulických válců. Válce budou sloužit k otáčení sklopné plošiny a měli by umožnit náklon 130° .

Popis varianty A

Tento návrh byl můj prvotní. Pro nejjednodušší konstrukci jsem uvažoval, že otáčení obstará pouze jeden hydraulický válec. Ten by byl umístěný uprostřed rámu přímo pod sklopnou plošinou.

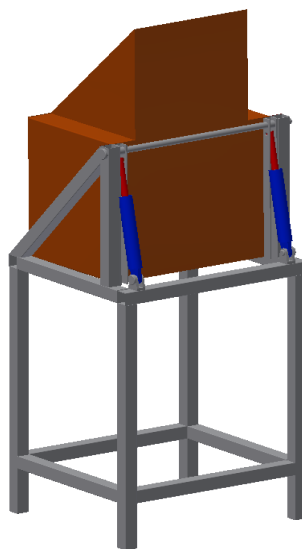


Obrázek 12: Umístění hydraulického válce varianta A

Tuto možnost jsem vyloučil, jelikož by zde musel být umístěn dostatečně dlouhý hydraulický válec. Ten by se však nedal umístit pod rám konstrukce a ta by musela být zbytečně navýšena. Dalším nedostatkem je nedostatečné naklonění, které nedosáhne 130° .

Popis varianty B

V této variantě jsem umístil hydraulické válce na zadní stranu výklopné plošiny. U této možnosti je výhodou, že rám je pro upevnění válců prodloužen, a tak zároveň zvyšuje stabilitu proti překlopení celého rámu, když bude plošina maximálně vyklopena.

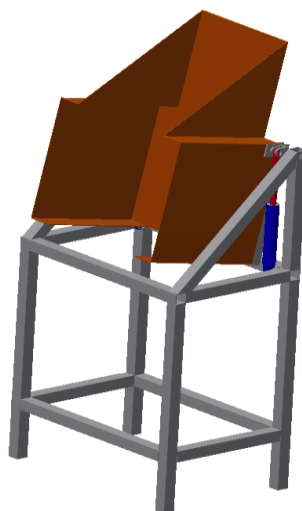


Obrázek 13: Umístění hydraulického válce Varianta B

Nevýhodou je u této varianty, že hydraulika je upevněna blízko osy otáčení a docházelo k velkému napětí a musela by být vynaložena velká síla pro otočení plošiny. Nedošlo by také k dostatečnému vyklopení o 130° .

Varianta C

Konečným řešením bylo umístění dvou hydraulických válců po stranách sklopné plošiny. Toto umístění umožní dostatečné vyklopení plošiny o 130° . Výhodou je také, že při vyklápění bude napětí působit přímo do středu rámu. Pro tyto výhody jsem pro mojí konstrukci použil tuto variantu.



Obrázek 14: Umístění hydraulického válce varianta C

2.3.1.3 Celkový návrh nosného rámu výklopníku

Nosný rám je základní částí celého zařízení a musí nést tíhu nosné plošiny, která bude naplněna paletou s materiálem. Celý nosný systém by měl mít také velkou statickou a dynamickou tuhost. Dále by měl mít v čase stalý tvar a velkou životnost a spolehlivost. Mojí snahou bylo také dosáhnout co nejmenší hmotnosti.

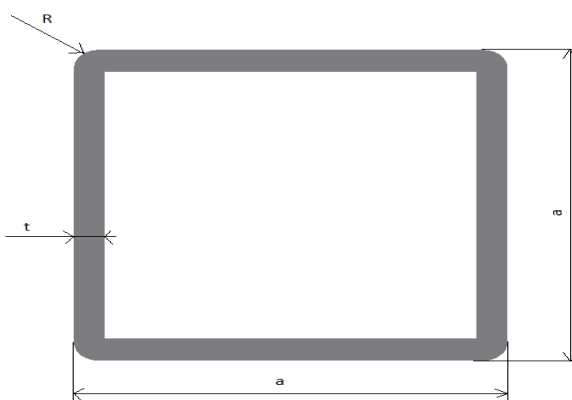
U většiny výklopníků se nosný rám skládá z čtvercových profilů. V návrhu výklopníku také počítám s čtvercovými profily pro vysokou pevnost a odolnost.

Rozměry čtvercového profilu:

$$a = 70 \text{ mm}$$

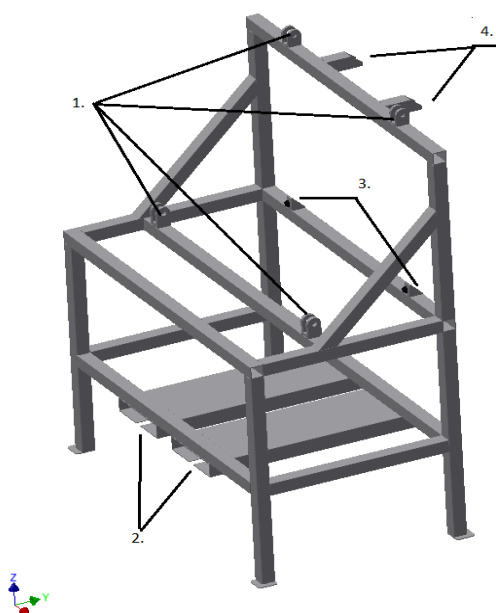
$$t = 5 \text{ mm}$$

$$R = t$$



Obrázek 15: Znáznornění čtvercového profilu

Všechny jednotlivé profily jsou k sobě svařeny. K rámu jsou také přivařeny panty, ke kterým budou přichyceny hydraulické válce a otočná plošina. Dále jsou zde upevněny držáky na vidlice vysokozdvížného vozíku. Tyto držáky umožní mobilitu celého zařízení, kdy vozík nasune vidlice do držáku a bude moci celý výklopník zvednout a přesunout na jiné potřebné místo. Také jsou zde přivařeny podpory, které umožní menší namáhání hydrauliky. V momentě kdy je sklopná plošina vyklopená v maximální pozici (130°), se zapře o tyto podpory a celé zatížení nebude jen na hydraulických válcích, ale přenesete se i do rámu.



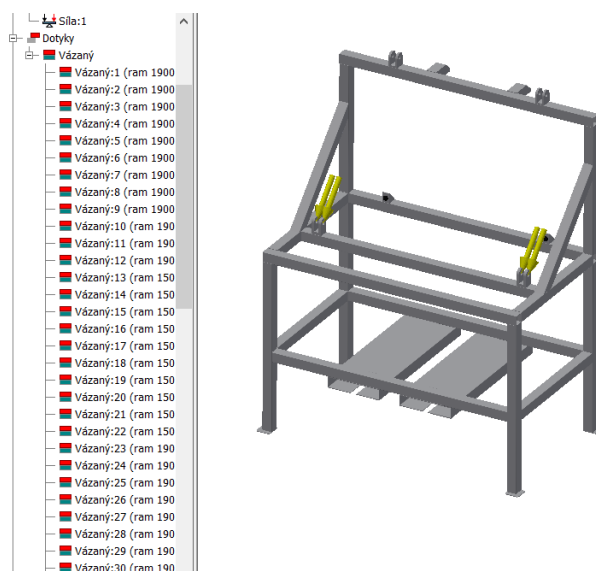
Obrázek 16: 1. panty pro připevnění hydrauliky a sklopné plošiny, 2. držáky na vidlice vysokozdvížného vozíku, 3. podpory sklopné plošiny v ustálené poloze, 4. podpory plošiny ve vyklopené poloze

2.3.1.4 Pevnostní analýza rámu

Pro kontrolu celého rámu, který ponese zatížení sklopné plošiny s paletou naplněnou materiálem je provedena MKP analýza.

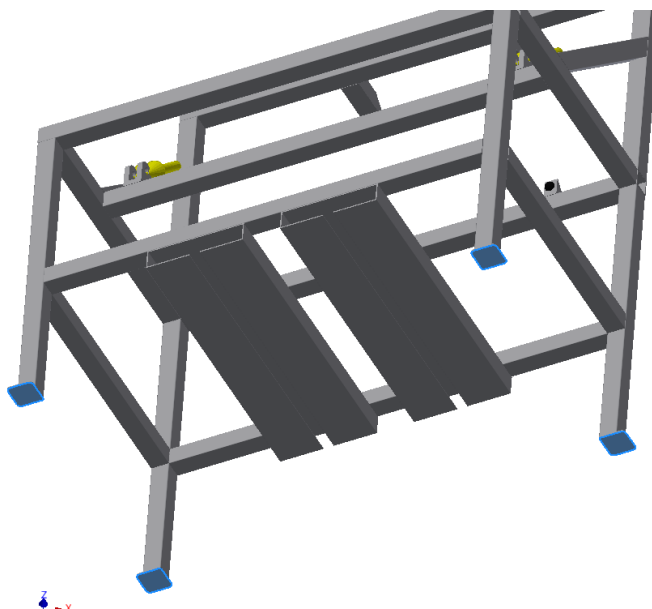
Řešení dotyků a vazeb

Při analýze budou dotyky řešit, jak se jednotlivé díly v rámu budou chovat. Celý rám je spojen pomocí svarového spoje. Proto jsou zde všechny dotyky řešené jako vázané.



Obrázek 17: Seznam dotyků

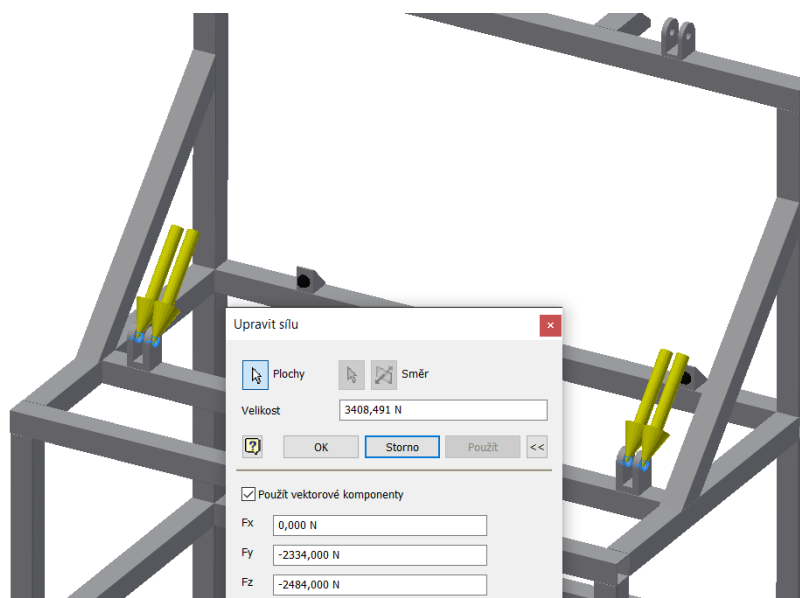
Umístění pevné vazby je na spodních stranách nohou rámu. Pevná vazba je vyznačena modře.



Obrázek 18: Pevná vazba

Zadávání síly

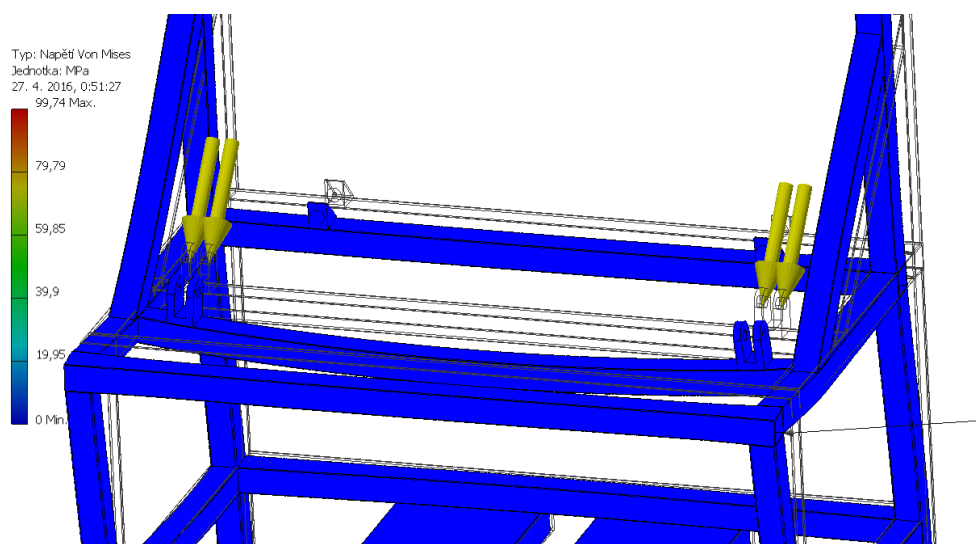
Hmotnost bedny, do které se umístí paleta je 223 kg a maximální hmotnost palety s materiálem je 790 kg. Celková síla tedy bude při maximálním zatížení 9937 N. Působení sil je umístěno do držáků hydrauliky, na které budou přenášet sílu čepy. Největší zatížení bude působit na počátku zvedání plošiny, čím větším bude úhel naklopení, tím se zatížení hydrauliky bude zmenšovat. Síly jsou čtyři, rozdělil jsem tedy hlavní sílu do čtyř sil o velikostech 3408 N.



Obrázek 19: Umístění sil

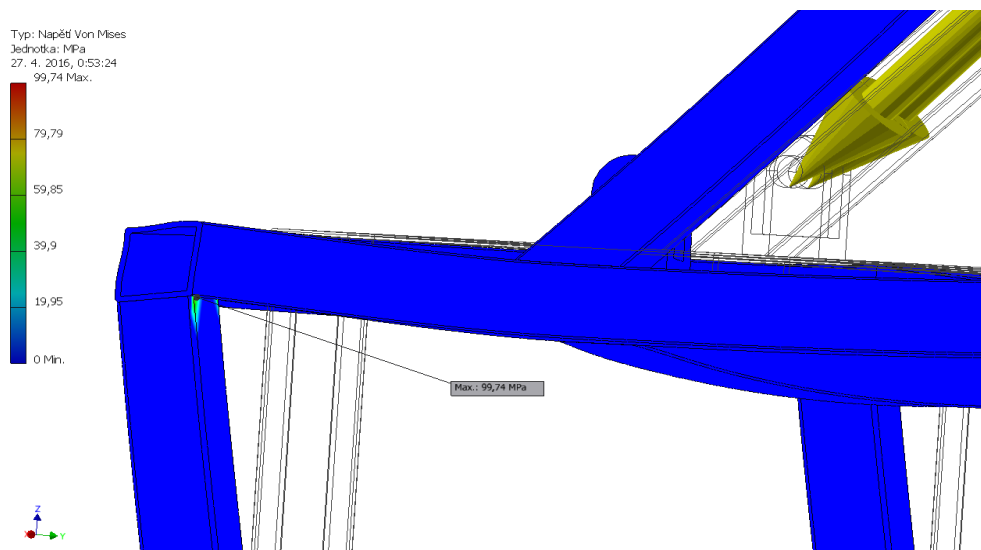
Působící napětí

Celá konstrukce je zhotovena z oceli, díky čemuž dobře přenáší působící napětí.



Obrázek 20: Napětí při zatížení

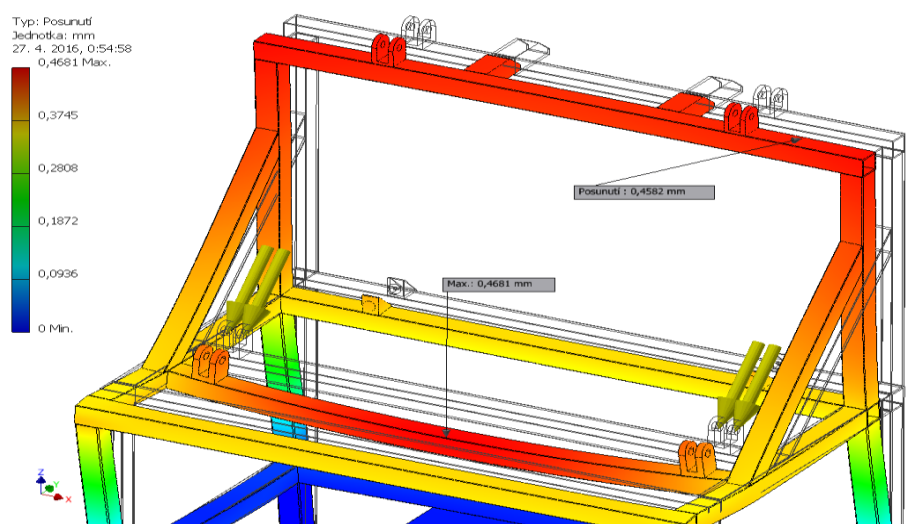
Maximální napětí je 99,74 MPa. Oblast největšího napětí se projevuje v místech spojů trubkových profilů, kde budou svarové spoje. Zbytek celé konstrukce se nachází v nízkých hodnotách napětí pod 19 MPa, viz. obrázek 20.



Obrázek 21: Oblast maximálního napětí

Výsledné posunutí

Délkové posunutí je vzhledem k funkci výklopníku zanedbatelné. Největší posunutí je uprostřed rámu, na kterém bude přichycena hydraulika, která do něho bude zapřena při převrácení palety. Největší posunutí dosahuje hodnoty 0,4681 mm. Tato hodnota je velmi malá a posunutí nebude mít vliv na celkovou konstrukci.



Obrázek 22: Výsledné posunutí

Závěr MKP analýzy

Provedl jsem pevnostní analýzu části konstrukce zařízení pro výsyp kusového materiálu. Zjistil jsem, že konstrukce bez problémů odolá zatěžování pracovní síly hydrauliky působící do rámu. Dále, že posunutí rámu při zatížení bude minimální. Veškeré obrázky byly vyhotoveny v PC softwaru AutoDesk Inventor 2015.

2.3.2 Sklopná plošina

Plošiny výklopníku se můžou lišit podle druhu nakládaných palet. Důležité je, aby měla ideální rozměry, aby zde paleta nebyla příliš volná nebo natěsno. Při nakládání a následném vysypávání by mohlo dojít k problémům. Dále by plošina měla být řešena tak, aby zde byla paleta s materiálem pevně uchycena a nedošlo k jejímu uvolnění. Přichycení palety bývá řetězy, pákovým mechanismem nebo konstrukcí bedny tak, aby nedošlo k uvolnění. [6]

V mém návrhu počítám se dvěma druhy palet. S plechovou ohradovou paletou a plastovou paletou „BIG BOX“. [7]

Parametry nakládaných palet:

Plechová ohradová paleta

- Rozměry: 1 200 x 800 x 1 000 mm
- Hmotnost: 130 kg
- Nosnost: 660 kg



Obrázek 23: Plechová ohradová paleta [6]

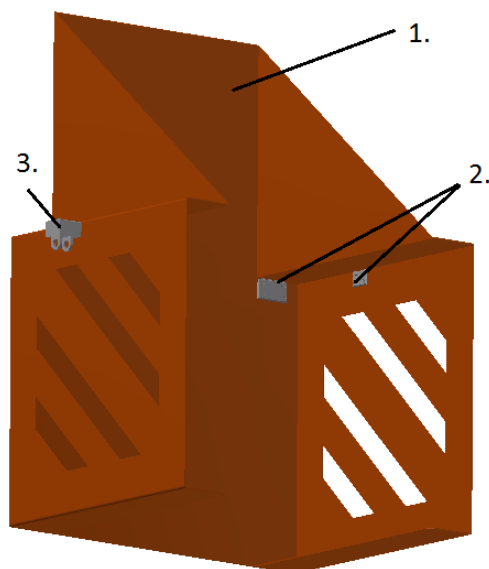
Plastová paleta „BIG BOX“

- Rozměry: 1 200 x 1 000 x 850 mm
- Hmotnost: 40 kg
- Nosnost: 750 kg

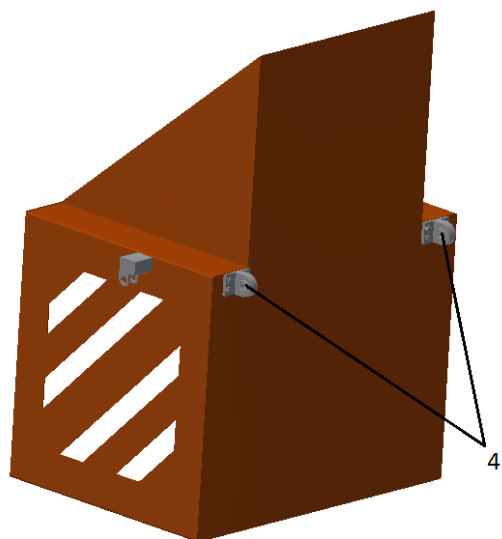


Obrázek 24: Plastová paleta „BIG BOX“ [7]

Celá sklopná plošina je navrhnutá tak, aby se zde dali pohodlně pomocí vysokozdvížného vozíku umístit oba druhy palet. K uvolnění nebo vypadnutí palety při vyklápění díky konstrukčnímu řešení nemůže dojít, jelikož je plošina navrhnutá jako bednění, které obklopuje celou paletu. Z celého bednění vychází výsypka. Díky té dojde k lepšímu a přesnějšímu vypadávání kusového materiálu do místa určení. Celá plošina je umístěna na nosný rám v takové výšce, aby mohlo dojít k bezproblémovému vysypávání jak do náplavové vany, tak na dopravní pás. Spodní okraj výklopné plošiny je ve výšce 1,280 m. Po stranách je bednění opatřeno otvory, díky kterým dojde ke snížení hmotnosti.

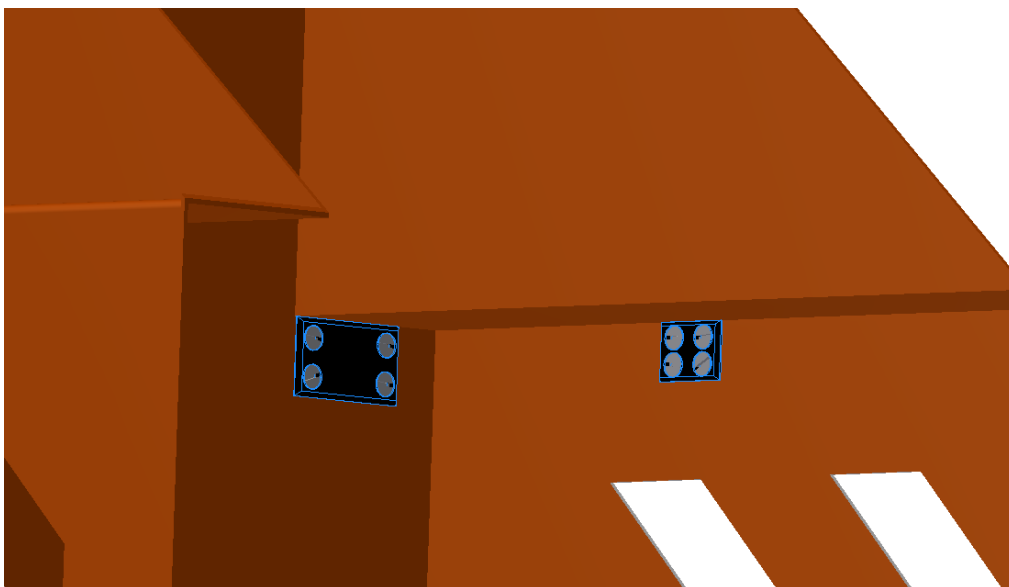


Obrázek 25: Pohled zepředu - 1. násypka, 2. upevnění pantů k plošině, 3. pant pro hydrauliku



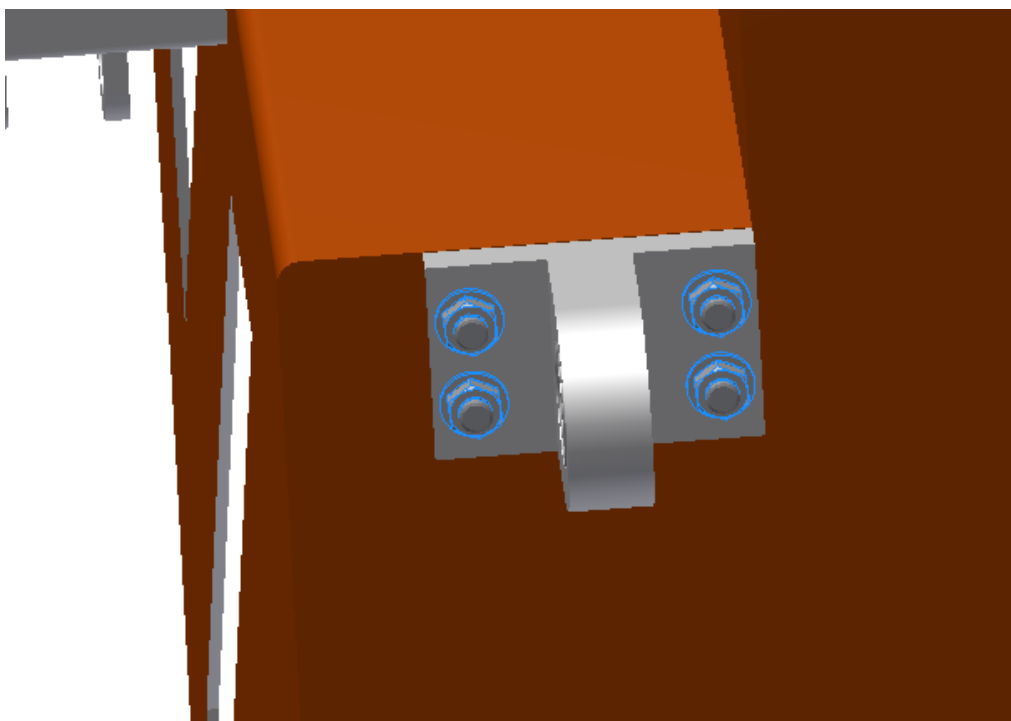
Obrázek 26: Pohled zezadu - 4. panty pro upevnění plošiny k rámu

Panty pro připevnění hydraulických válců a panty pro připevnění plošiny k rámu jsou uchyceny ke sklopné plošině pomocí šroubového spojení. Každý pant je spojen pomocí čtyř šroubů M14 se zápusťnou hlavou. Hlavy šroubů jsou zapuštěny do speciálních podložek, které umožní pevnější spojení a zároveň chrání šrouby před paletou, která zde bude umístěna.



Obrázek 27: Pohled na šroubové spojení

Šrouby držící pant, který bude sloužit k upevnění k rámu, jsou přichyceny maticemi s podložkou. Panty pro připevnění hydrauliky mají čtyři díry ze závitem pro spojení se šrouby.



Obrázek 28: Pohled zezadu na šroubové spojení

2.3.3 Volba pohonu a hydraulického válce

2.3.3.1 Hydraulický motor

Tyto motory mění hydrostatickou energii kapaliny na mechanickou práci. Jejich výhodou je, že můžou dosáhnout značných silových převodů, mají snadný rozvod energie na málo přístupná místa, jsou poměrně lehké a mají klidný chod. Dají se taky snadno pojistit proti přetížení.

Pro pohon mého zařízení budou tedy ideální hydraulické motory. Pro výběr hydraulického systému využiji katalogu firmy PARKER, která dodává různé hydraulické prvky.



Obrázek 29: Hydraulický motor

Zvolil jsem z výběru hydraulických systému agregát série 500

Série	Pracovní tlak (bar)	Max. průtok (l/min)	Nádrž (l)	Motor (kW)
108	241	3	0,5 - 5,7	0,25
500	207	11	1,9 - 19	0,25 - 1,5

Obrázek 30: Parametry z katalogu [8]

Tento agregát nabízí vysokou kvalitu a přitom je úsporný. Je zde také výhodou, že díky možnosti měnit směr otáčení se nemusí používat externí ventily na řízení směru. Systém je také zcela soběstačný, s motorem, čerpadlem, nádrží, interními ventily, přepouštěcími ventily a prvky na kontrolu zátěže.

Parametry hydraulického systému série 500:

- Elektrický motor s výkonem do 1,5 kW
- Šest velikostí čerpadla - s průtokem od 1 do 11 l/min
- Externě nastavitelný přepouštěcí ventil
- Různé nádrže - od 1,9 do 19 l
- Pracovní tlak do 207 bar
- Připojení Js6 nebo standardní otvory P a T

2.3.3.2 Volba hydraulického válce

Hydraulický válec má mezi předním a zadním víkem, pomocí matic se závity, upevněnou silnostěnnou trubku. Uvnitř trubky se pohybuje píst, který je spojen s pístnicí procházející středem předního víka. V zařízení působí na kapalinu síla pomocí pístu a vytváří tlak. Ten se přenáší do všech míst kapaliny a přenáší tak sílu na druhý píst. Díky rozdílnému obsahu ploch pístů se síla nejen přenáší, ale i zvětšuje. Mezi hydraulické válce s předním a zadním víkem válcového tvaru patří typy MMB, MMA.



Obrázek 31: Hydraulický válec [9]

Volím hydraulický válec také od firmy PARKER, která dodává různé typy válců a dělá i zakázkovou výrobu.

Parametry dodávaných válců MMB, MMA:

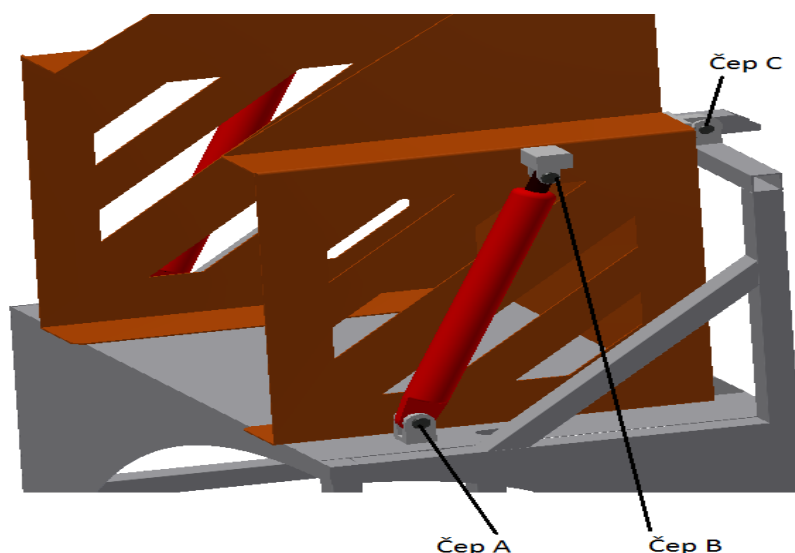
- Maximální pracovní tlaky 250 bar
- Vnitřní průměry do 200 mm
- Jakákoliv použitelná délka zdvihu
- Průměry pístnice do 125 mm
- Oddělitelná hlava pro jednoduchou údržbu
- Typy těsnění vyhovující široké řadě provozních prostředí

Volím dva hydraulické válce a vnitřním průměru 90 mm. S průměrem pístnice 50 mm. maximální délka zdvihu je 750 mm.

2.3.4 Volba čepů

Čepy se používají ke spojení strojních součástí, kde dochází k otočnému pohybu. Přenáší tlakovou nebo tahovou sílu kolmo na osu čepu. Proti axiálnímu posunutí jsou zajištěny závlačkou, pojistným kroužkem nebo maticí. Ukládají se s vůlí H11/h11. Kvůli vůli se počítá s namáháním na ohyb a smyk, který je vůči ohybu malý a obvykle se zanedbává.

Na výklopníku jsou použity normalizované čepy podle ČSN EN 22341 z oceli 11 500 s mezí kluzu $R_e = 250$ MPa a měrným tlakem 120 MPa.



Obrázek 32: Znázornění čepů

2.3.4.1 Kontrola čepu A

Výpočet reakcí

Známé parametry:

Hmotnost sklopné plošiny 223 kg

Váha naplněné palety 790 kg

Celková váha $m = 1013$ kg

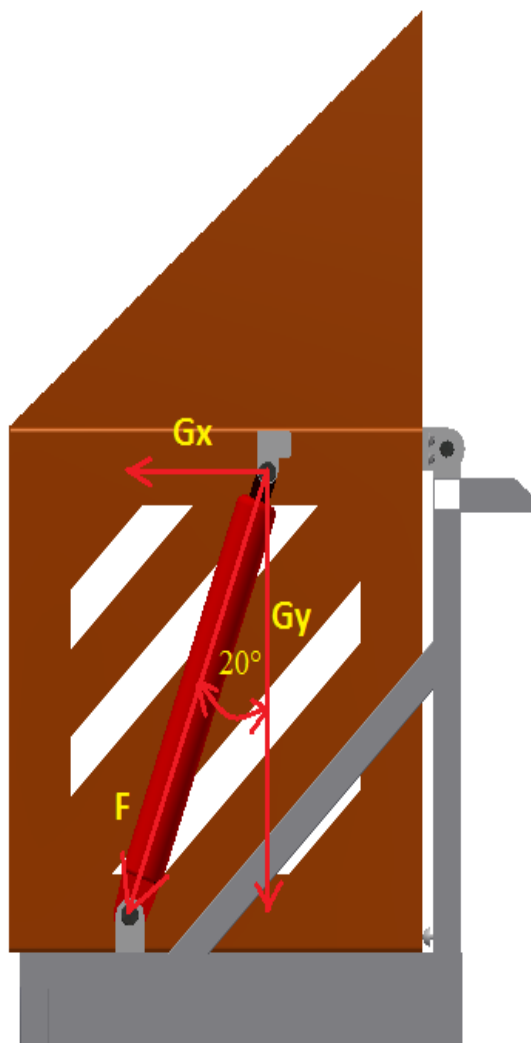
$\alpha = 20^\circ$

$$G_y = m \cdot g = 1013 \cdot 9,81 = 9937 \text{ N} \quad (1)$$

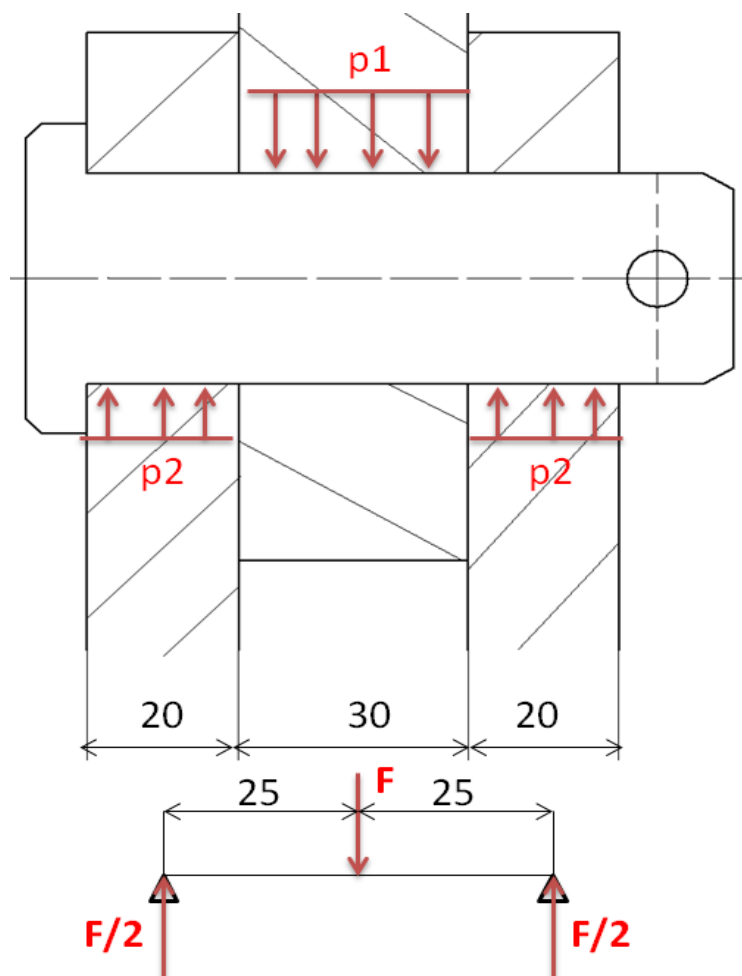
$$G_x = \operatorname{tg} \alpha \cdot G_y = \operatorname{tg}(20^\circ) \cdot 9937 = 3616,7 \text{ N} \quad (2)$$

$$F = \frac{G_y}{\cos(\alpha)} = \frac{9937}{\cos(20^\circ)} = 10574,7 \text{ N} \quad (3)$$

G_y [N]- tíhová síla ve směru osy y, G_x [N] - tíhová síla ve směru osy x, F [N] - výslednice sil G_x a G_y , α [°] - úhel mezi silami G_y a F



Obrázek 33: Znázornění reakcí



Obrázek 34: Výpočtové schéma čepu A

Maximální moment v ohybu

$$M_O = F \cdot 0,025 = 10574,7 \cdot 0,025 = 264,4 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (4)$$

Minimální průměr čepu

$$\sigma = \frac{M_O}{W_{OA}} = \frac{M_O}{\pi \cdot \frac{d_3^3}{32}} = \frac{32 \cdot M_O}{\pi \cdot d_3^3} \leq \sigma_{DOV} = \frac{k_s}{Re} \quad (5)$$

k_s - statická bezpečnost, volím 1,3

$$d_3 \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_O \cdot k_s}{\pi \cdot Re}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 264,4 \cdot 1,3}{\pi \cdot 250 \cdot 10^6}} = 0,00359 \text{ m} = 3,59 \text{ mm} \quad (6)$$

Volím čep 30 x 93 x 8 B ISO 2341 - 11 500

Kontrola na tlak se styčnou plochou

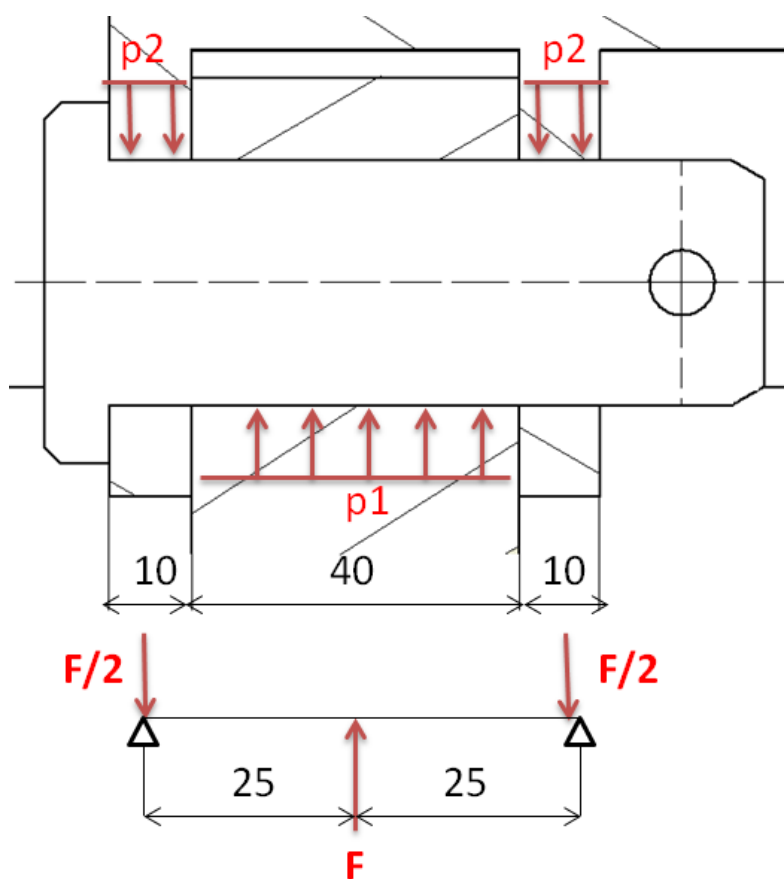
$$p_1 = \frac{F}{s_{min} \cdot d} = \frac{10574,7}{30 \cdot 30} = 11,75 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa} \quad (7)$$

$$p_2 = \frac{F/2}{s_{min} \cdot d} = \frac{5287,35}{20 \cdot 30} = 8,81 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa} \quad (8)$$

p_1, p_2 [Pa]- měrné tlaky, s_{min} [mm]- nejmenší délka čepu ve spojovaných dílech, d [mm]- průměr čepu

2.3.4.2 Kontrola čepu B

Ze zákona akce a reakce budou u čepu B působit stejně velké síly jako u čepu A. Proto síla, která bude působit kolmo na osu čepu, bude také o velikosti $F=10574,7 \text{ N}$.



Obrázek 35: Výpočtové schéma čepu B

Maximální moment v ohybu

$$M_O = F \cdot 0,025 = 10574,7 \cdot 0,025 = 264,4 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (9)$$

Minimální průměr čepu

$$\sigma = \frac{M_O}{W_{OA}} = \frac{M_O}{\pi \cdot \frac{d_3^3}{32}} = \frac{32 \cdot M_O}{\pi \cdot d_3^3} \leq \sigma_{DOV} = \frac{k_s}{Re} \quad (10)$$

k_s - statická bezpečnost, volím 1,3

$$d_3 \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_O \cdot k_s}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 264,4 \cdot 1,3}{\pi \cdot 250 \cdot 10^6}} = 0,00359 \text{ m} = 3,59 \text{ mm} \quad (11)$$

Volím čep B 30 x 80 x 8 B ISO 2341 - 11 500

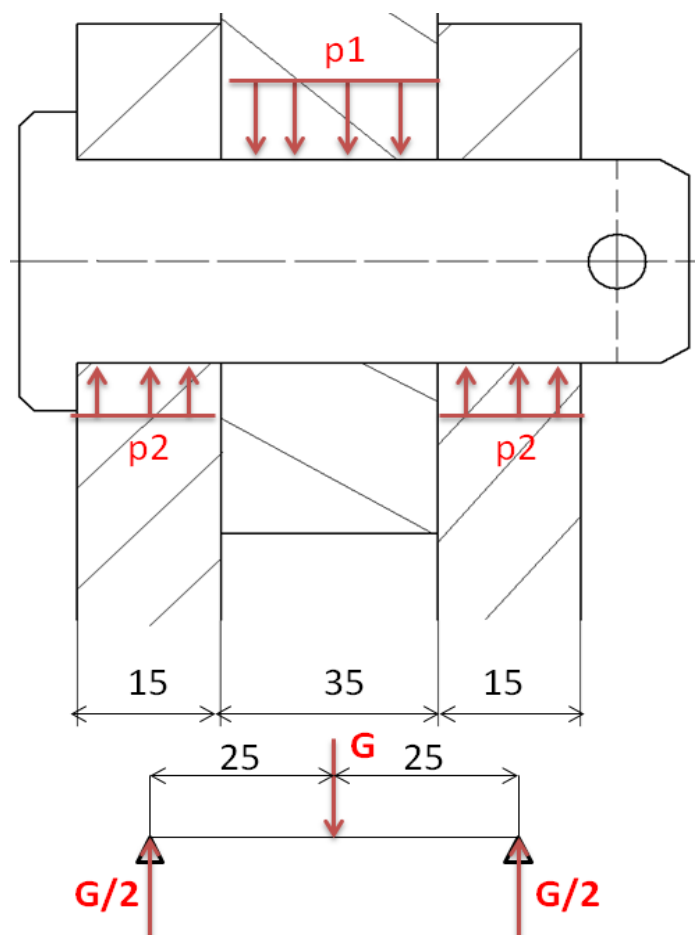
Kontrola na tlak se styčnou plochou

$$p_1 = \frac{F}{s_{min} \cdot d} = \frac{10574,7}{40 \cdot 30} = 8,81 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa} \quad (12)$$

$$p_2 = \frac{F/2}{s_{min} \cdot d} = \frac{5287,35}{10 \cdot 30} = 17,63 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa} \quad (13)$$

2.3.4.3 Kontrola čepu C

Na čep C bude působit největší síla při otáčení plošiny, kdy se bude těžiště sklopné plošiny s paletou nacházet přímo nad čepem. Síla působící kolmo na osu čepu tedy $G_y=9937 \text{ N}$ (viz. kapitola 2.3.4.1).



Obrázek 36: Výpočtové schéma čepu C

Maximální moment v ohybu

$$M_O = G \cdot 0,025 = 9937 \cdot 0,025 = 248,43 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (14)$$

Minimální průměr čepu

$$\sigma = \frac{M_O}{W_{OA}} = \frac{M_O}{\pi \cdot \frac{d_3^3}{32}} = \frac{32 \cdot M_O}{\pi \cdot d_3^3} \leq \sigma_{DOV} = \frac{k_s}{Re} \quad (15)$$

k_s - statická bezpečnost, volím 1,3

$$d_3 \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_O \cdot k_s}{\pi \cdot Re}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 248,43 \cdot 1,3}{\pi \cdot 250 \cdot 10^6}} = 0,00363 \text{ m} = 3,63 \text{ mm} \quad (16)$$

Volím čep C 24 x 80 x 6,3 B ISO 2341 - 11 500

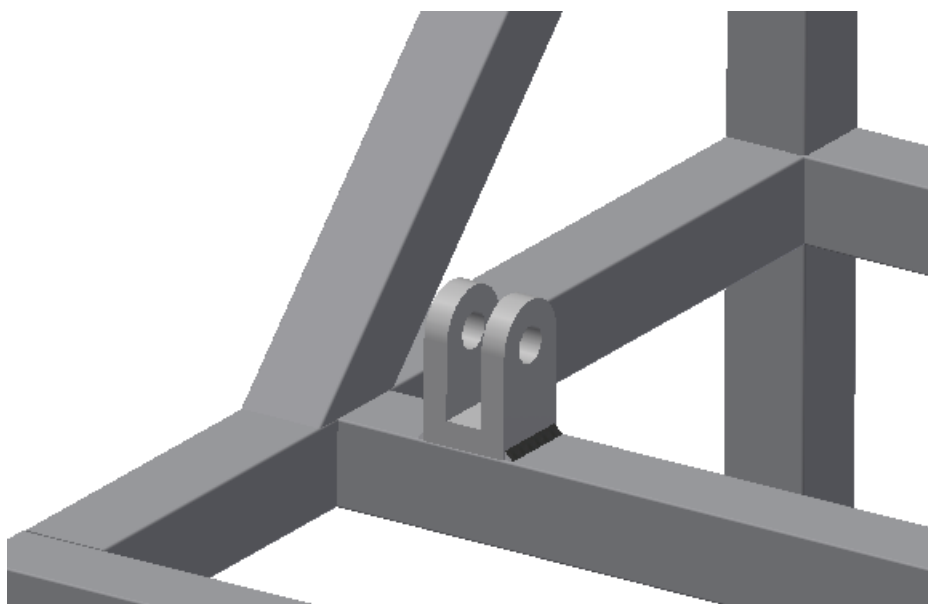
Kontrola na tlak se styčnou plochou

$$p_1 = \frac{G}{s_{min} \cdot d} = \frac{9937}{35 \cdot 24} = 11,83 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa} \quad (17)$$

$$p_2 = \frac{G/2}{s_{min} \cdot d} = \frac{4968,5}{15 \cdot 24} = 123,8 \text{ MPa} < 120 \text{ MPa} \quad (18)$$

2.3.5 Kontrola svaru

Pomocí softwaru Inventor 2015 provedu výpočet svaru u pantu A, na který se bude přenášet síla z hydrauliky.



Obrázek 37: Pohled na svar

Velikost axiální síly působící na svar vyvodíme z výpočtů reakcí v kapitole 2.3.4.1.. Axiální síla F_x se tedy bude rovnat síle $G_x=3616,7 \text{ N}$.

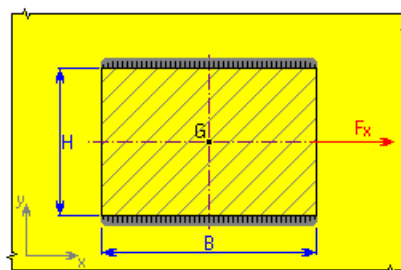
Tvar svaru

▼

Výpočet staticky zatíženého svaru

☐ Standardní postup výpočtu
☒ Metoda srovnávacích napětí
☐ Uvažována pouze nosná délka svaru

Zatížení svaru



Obrázek 38: Tvar svaru

Zatížení

Axiální síla

F_x
3616,7 N
>

Rozměry

Výška svaru

a
5,000 mm
>

Výška svarové skupiny

H
70,000 mm
>

Šířka svarové skupiny

B
70,000 mm
>

Materiál a vlastnosti spoje

☒ Konstrukční ocel S235JRG1

...

Mez kluzu v tahu

S_y
225 MPa
>

Mez pevnosti v tahu

S_u
350 MPa
>

Souč. bezpečnosti

n_s
1,500 ul
>

Dovolené napětí

S_{al}
150,000 MPa
>

Obrázek 39: Parametry svaru

Výsledky	
σ_A	150,000 MPa
a_{\min}	0,280 mm
τ	5,167 MPa
σ_S	7,949 MPa
$F_{x\max}$	68249,900 N

Obrázek 40: Výsledky výpočtu svaru

σ_A -dovolené napětí, a_{\min} -minimální výška svaru, τ -maximální smykové napětí ve svaru, σ_S -srovnávací napětí, $F_{x\max}$ -maximální axiální síla

2.3.6 Výpočet výkonnosti zařízení

Znamé parametry:

Zařízení pro výsyp materiálu by mělo splňovat výkonnost $Q = 5500 \text{ kg/h}$.

Celková doba trvání výsypu palety - $t_1 = \pm 1 \text{ min. } 30 \text{ s}$

Maximální hmotnost materiálu v plechové paletě - $m_1 = 660 \text{ kg}$

Maximální hmotnost materiálu v plastové paletě - $m_2 = 750 \text{ kg}$

Doba naložení a vyložení palety - $t_2 = \pm 5 \text{ min.}$

Doba úkonu naložení, vyklopení a vyložení palety.

$$t = t_1 + t_2 = 1,5 + 5 = 6,5 \text{ min.} \quad (19)$$

Výkonnost při použití plechové palety.

$$Q = \frac{60}{t} \cdot m_1 = \frac{60}{6,5} \cdot 660 = 6092 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (20)$$

Výkonnost při použití plastové palety.

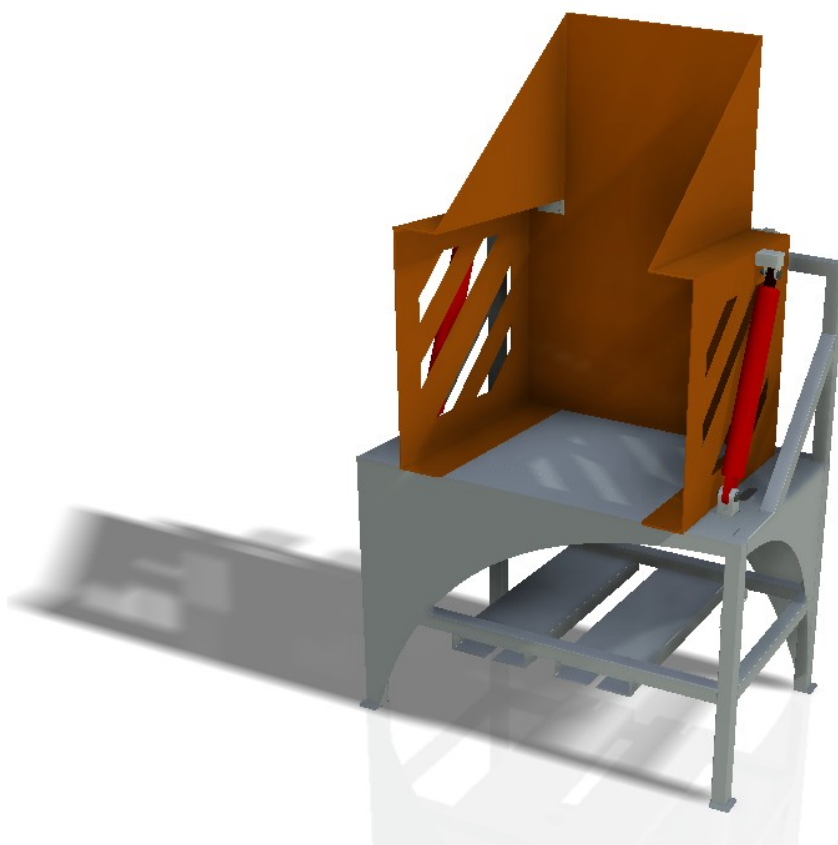
$$Q = \frac{60}{t} \cdot m_2 = \frac{60}{6,5} \cdot 750 = 6923 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (21)$$

Z výpočtů je zřejmé, že zařízení bude mít dostatečnou výkonnost, aby vyklopilo více než 5500 kg/h.

3 Závěr

Podle zadaných požadavků a parametrů jsem navrhl zařízení pro výsyp kusového materiálu z přepravního boxu.

Nejprve jsem uvedl v teoretické části řešerši podobných zařízení vyskytujících se na trhu, které byly také inspirací při návrhu stroje. Dále se v praktické části zabývám celkovým konstrukčním návrhem. Nejdříve jsem řešil návrh nosného rámu zařízení a problematikou umístění sklopné plošiny a hydrauliky na rámu. Hydraulické válce jsem nakonec umístil po stranách sklopné plošiny. Rám jsem také podrobil MKP analýze, působící napětí a posunutí jednotlivých elementů bylo v přípustných mezích. K rámu jsou také přidělané držáky pro vidlice vysokozdvizného vozíku, díky kterým je celé zařízení mobilní. Sklopná plošina umožňuje vyklápění plechových ohradových palet a plastových palet o zadaných rozměrech s maximálním úhlem vyklopení 130° . Díky navržené výšce zařízení a násypky lze vysypávat materiál jak na dopravní pás, tak do náplavové vany. Nakonec jsem na základě pevnostních výpočtů provedl volbu použitých čepů a svaru. Výkonnost navrhnutého zařízení je více než zadaných 5500 kg/h.



Obrázek 41: Navržený výklopník

4 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *ZETA* [online]. [cit. 2016-05-15]. Výklopníky beden a palet. Dostupné z: <http://www.zeta-zr.cz/vyklopniky-beden-a-palet-str-38-1-38-2.html>
- [2] *ROBOTERM spol. s r.o.* [online]. [cit. 2016-05-15]. Výklopník palet. Dostupné z: <http://www.roboterm.cz/produkty/mechanizace-zakladani/vyklopnik-palet>
- [3] *System agro s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-15]. Výklopník palet: Výklopník palet stacionární: Výklopník palet otočný. Dostupné z: <http://www.systemagro.cz/kontakty.html>
- [4] *NAVZAS s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-15]. Výklopník beden: Výklopník ohradových palet (výklopník beden). Dostupné z: <http://www.navzas.cz/doc/vyklopnik-beden>
- [5] *Ferona* [online]. [cit. 2016-05-15]. Sortiment Ferony. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/sortiment/sortiment.php>
- [6] *AllBiz* [online]. [cit. 2016-05-15]. Palety. Dostupné z: <http://www.cz.all.biz/palety-bgg1072592>
- [7] *PPO GROUP CZ, s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-15]. Velkoobjemové boxy - bigboxy. Dostupné z: <http://www.ppogroup.cz/eshop-kategorie-velkoobjemove-boxy-53.html>
- [8] *Parker* [online]. [cit. 2016-05-15]. Hydraulické válce. Dostupné z: <http://www.parker.cz/produkty/hydraulika/hydraulicke-valce/>
- [9] POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLIŠKA a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení I.* Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 80-248-0043-8.
- [10] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře – části.* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [11] VÁVRA, Pavel a Jan LEINVEBER. *Strojnické tabulky.* Třetí vydání. Praha: ALBRA, 2006 [cit. 2016-05-15]. ISBN 978-80-7361-033-7.

Software:

Autodesk Inventor Professional 2015

5 SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace:

SB3KVS01-01 - Pant A

SB3KVS01-02 - Pant B

SB3KVS01-03 - Pant C

SB3KVS01-04 - Pant D

SB3KVS01-05 - Podložka velká

SB3KVS01-06 - Podložka malá

SB3KVS01-07 - Držák na vidlice

SB3KVS01-08 - Podpěra B

SB3KVS01-S1 - Sestava svařovaného rámu

SB3KVS01-S2 - Sestava sklopné plošiny

SB3KVS01-S3 - Sestava plošiny

SB3KVS01-S4 - Sestava výklopníku

Příložené CD

Poděkování

Závěrem této práce bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomáši Haplovi za odbornou pomoc, cenné rady, připomínky a veškerý věnovaný čas v průběhu zpracování bakalářské práce.